

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-092924

(43)Date of publication of application : 04.04.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 07-245678

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 25.09.1995

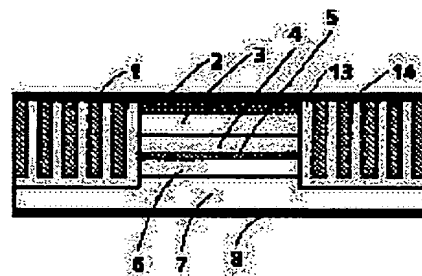
(72)Inventor : TADOKORO TAKASHI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stable semiconductor laser whose oscillation wavelength is fixed even when the operation temperature changes.

SOLUTION: At least a part of an optical resonator constituting a semiconductor laser is constituted of dielectrics 13 and dielectrics 14 which have negative refractive index change to temperature. For example, the dielectrics 13 is lithium fluoride whose refractive index is  $-1.6 \times 10^{-5}K^{-1}$ , and the dielectrics 14 is calcium fluoride whose refractive index is  $-1.0 \times 10^{-5}K^{-1}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-92924

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) IntCl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願平7-245678

(22) 出願日 平成7年(1995)9月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 田所 貴志

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

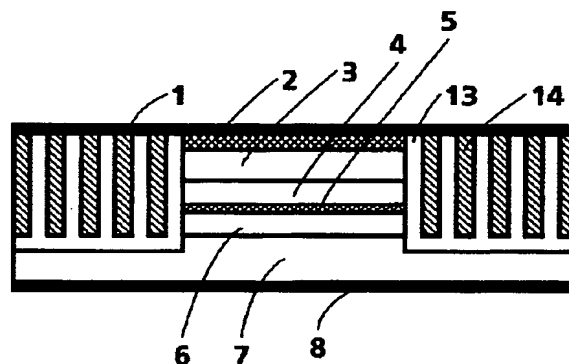
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 動作温度が変化しても発振波長の固定された安定な半導体レーザを提供する。

【解決手段】 半導体レーザを構成する光共振器の少なくとも一部分が、温度に対して負の屈折率変化を有する誘電体（例えば、フッ化リチウム；屈折率 $=-1.6 \times 10^{-3} (K^{-1})$ ）13、誘電体（例えば、フッ化カルシウム；屈折率 $=-1.0 \times 10^{-3} (K^{-1})$ ）14で構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザを構成する光共振器の少なくとも一部分が、温度に対して負の屈折率変化を有する材料で構成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1の半導体レーザにおいて、前記光共振器内に位置する利得領域が少なくとも2つ以上あることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 請求項2及び3の半導体レーザにおいて、前記光共振器内に位置する利得領域を構成する活性層の組成が、膜方向に対して連続的又は離散的に変化する半導体で構成されていることを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザの波長安定化に関するものであり、本発明の半導体レーザにより、動作温度が変化しても発振波長の固定された安定な光源を提供することが可能になる。

## 【0002】

【従来の技術】半導体レーザは小型で、低消費電力で動作し、また高速変調が可能なため光通信や光情報処理システムを構成するデバイスとして実用化されている。

【0003】従来の半導体レーザの概略の断面構造を図8に示す。図8中、1はp側電極、2はコンタクト層、3はp側InPクラッド層、4は光閉じ込め層、5は発光層、6は光閉じ込め層、7はInP基板、8はn側電極、9は酸化シリコン膜、10は酸化チタン膜、11はInP層、12はInGaAsP層を図示する。図8(a)は結晶の劈開面を反射鏡として利用している場合を、(b)は劈開面上に形成した酸化シリコン膜9及び酸化チタン膜10等の誘電体膜からなる多層膜を反射鏡として利用している場合を、(c)は屈折率の異なる少なくとも2種類以上の媒質であるInP層11、InGaAsP層12の周期的構造を反射鏡として利用している場合を示している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらの半導体レーザは、温度が上昇することにより構成媒質の屈折率が大きくなり、また、熱膨張により共振器の長さも大きくなり、しかも、活性層で発光される光の波長も長波長側に移動するため、発振波長が長波長側に移動してしまう。従って、波長多重などの伝送システムを構成する際にはベルチェ素子等を使った温度調整機能を付加し発振波長を一定に保ったり、多電極DBRレーザなどの波長可変機構の付いた半導体レーザを使い電流注入の調節により発振波長を一定に保つ必要があった。そのため、消費電力が大きくなり、また、装置自身の大きさも大きくなり、コストが高くなっていた。

【0005】本発明は、上記欠点を改善するために提案されたもので、その目的は、動作温度に影響されず発振

波長を一定に保つことが出来る半導体レーザを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために、本発明の半導体レーザの構成は、半導体レーザを構成する光共振器の少なくとも一部分が、温度に対して負の屈折率変化を有する材料で構成されていることを特徴とする。

【0007】また、前記構成において、前記光共振器内に位置する利得領域が少なくとも2つ以上あることを特徴とする。

【0008】また、前記構成において、前記光共振器内に位置する利得領域を構成する活性層の組成が、膜方向に対して連続的又は離散的に変化する半導体で構成されていることを特徴とする。

【0009】ここで、本発明の半導体レーザは、前記したように半導体レーザを構成する部分の少なくとも一部に温度に対し負の屈折率変化を持つ媒質が使われているため、これらの媒質以外の部分で生じた光の位相変化を打ち消し、発振波長が一定に保たれることになる。

【0010】また、発光領域の組成を連続的、あるいは離散的に変化させることで、広い波長範囲にわたり一定の利得の値を得ることができるので、温度変化により活性層の吸収端が変化しても利得の値は一定のままにしておくことができ、大きな温度変化が生じても一定波長で発振し続けることができる。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面に示す実施の形態に基づいて詳細に説明する。

【0012】(第1の実施の形態例)図1は、本発明による半導体レーザの第1の実施の形態例を示す基本構造の断面図である。同図において符号7は単結晶InPの半導体基板、4および6は単結晶InGaAsPからなる光閉じ込め層、5は発光波長のピークが1.55 $\mu\text{m}$ である発光層であり、2は電極を取るための単結晶InGaAsPからなるコンタクト層、1及び8は電極用金属である。符号13及び14は温度に対し負の屈折率変化をする誘導体膜であり、それぞれの厚さは、その媒質の屈折率をn、レーザの発振波長を $\lambda$ とすると $\lambda/4/n$ である。

【0013】次に、図1に示した素子の各部について詳細に説明する。n型InP基板7上に、n型InPを約100nm成長した後、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu\text{m}$ に対応する不純物を添加しないInGaAsP層6(厚さ0.1 $\mu\text{m}$ )を積層する。次いで、InP基板と格子整合するInGaAs(厚さ8nm)と禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu\text{m}$ に対応するInGaAsP(厚さ10nm)を5ペア積層して多重量子井戸からなる発光層5とする。発光層5上に、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu\text{m}$ に対応する不純物を添加しないInGaAsP層

4 (厚さ0.1  $\mu\text{m}$ ) と p 型 InP 層3 (厚さ1.5  $\mu\text{m}$ ) を順次積層する。更にその上に、InP 基板と格子整合する p 型コンタクト層2 (厚さ0.3  $\mu\text{m}$ ) を積層する。

【0014】次に、長さ100  $\mu\text{m}$  のストライプパターンをフォトリソを用い形成し、ドライエッチングにより光閉じ込め層6の下まで垂直にエッチングする。フォトリソを除去後、電子ビーム蒸着法により低屈折率の誘電体13であるフッ化リチウムを蒸着する。蒸着後、表面を平坦化した後に、電子ビーム露光法によりレジストのパターンを形成する。

【0015】このパターンは、半導体の上面全体を覆うと共に、ドライエッチングにより形成された半導体端面から280 nm離れた位置まで、及びそこからは272 nmのパターンの存在しない部分と、280 nmのパターンの存在する部分とが繰り返し存在している。このパターンを用いドライエッチングを光閉じ込め層6の下に達する深さまで行う。次に、上記ドライエッチングにより形成された周期的溝の中に、電子ビーム蒸着法により高屈折率の誘電体14であるフッ化カルシウムを蒸着する。

【0016】再び表面を平坦化し、半導体表面が露出された後、InP 基板7を研磨し約100  $\mu\text{m}$  の厚さにする。上記コンタクト層2上には、Ni, Zn, Auを50  $\mu\text{m}$  幅で、InP 基板側にはNi, Ge, Auを全面に、各々電子ビーム蒸着法で蒸着する。その後水素雰囲気中420℃で20秒間熱処理を行う。

【0017】その後、半導体部分を中心にして全長200  $\mu\text{m}$  の素子として切り出す。上記誘電体13, 14のフッ化リチウム、フッ化カルシウムは、温度上昇に対し屈折率が小さくなる。その値はそれぞれ、低屈折率誘電体13のフッ化リチウムの屈折率では、 $-1.6 \times 10^{-5} (\text{K}^{-1})$  であり、一方の高屈折率誘電体14のフッ化カルシウムの屈折率では、 $-1.0 \times 10^{-5} (\text{K}^{-1})$  である。動作温度の上昇により、半導体部分の屈折率は $2.7 \times 10^{-5} (\text{K}^{-1})$  で大きくなるが、1.55  $\mu\text{m}$  の発振光の位相が変化した部分をフッ化リチウム13とフッ化カルシウム14との部分で打ち消すことができ、一定の波長で発振し続けることができる。

【0018】この場合、埋込み構造をとっていないため、20℃での発振閾値電流は85 mAであったが、20℃から80℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は5 Åと、従来の十分の一以下の変化量であった。また、そのときの閾値電流の変化量は90 mAであった。

【0019】(第2の実施の形態例) 図2は、本発明の第2の実施の形態例を示す。本実施の形態例では、発光層5は禁制帯幅が波長にして1.4  $\mu\text{m}$  に対応する組成から1.6  $\mu\text{m}$  に対応する組成まで供給ガスの流量を線形に変化させて形成している。

【0020】また図2に示す実施の形態例では、上記実施の形態例1とは異なり、温度に対し負の屈折率変化を示す媒質の誘電体13であるフッ化リチウムが発光層部分に接触していないようにしている。この場合、上記媒質と発光層側面とでできる間隙dは発振波長を空気の屈折率の4倍で割った388 nmである。

【0021】この素子構造では、前記プロセス中の電子ビーム露光法でレジストパターンを形成する際、パターンが形成されるのは半導体上面全体と半導体端面から388 nmの部分、および、それより外側は272 nmのパターンの存在しない部分と、280 nmのパターンの存在する部分が繰り返すという構成になっている。よって、本実施の形態例では、フッ化カルシウム14を蒸着後、発光層に接しているフッ化リチウム13のみをドライエッチングで取り除くこととしている。その後、平坦化、基板研磨を行い電極を形成する。

【0022】この場合も実施の形態例1と同様に全長200  $\mu\text{m}$  の素子として切り出したところ、20℃での発振閾値は110 mAと、実施の形態例1よりも高めであったが、20℃から80℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は4 Åであり、また、閾値電流の変化量は20 mAと、実施の形態例1の約五分の一であった。

【0023】(第3の実施の形態例) 図3は、本発明の第3の実施の形態例を示す。この構造は半導体レーザの単一モード発振性を強調するために、いわゆる複合共振器レーザとしての構成を付加したものである。

【0024】この素子は、図2で示した構造形成後フォトリソでパターンを形成し、ドライエッチングで垂直に半導体をエッチングすることで作成される。この場合、分割されたそれぞれの部分に共通に存在できる定在波がもっとも安定に発振できるため、単一モード発振の温度範囲が広く、20℃から105℃まで単一モードで発振した。

【0025】尚、上記実施の形態例では半導体端面は空気による間隙となっているが、図1に示したように屈折率の小さい方の媒質が半導体側面に接していても良い。

【0026】上記実施の形態例1, 2及び3では、電子ビーム蒸着法とドライエッチングを用い誘電体膜の周期構造を形成したが、本発明はこれに限定されず、例えば誘電体膜の堆積にはスパッタ法やCVD法でも良く、また、周期構造はイオン注入やイオン交換法あるいは熱拡散法などで形成しても良い。

【0027】(第4の実施の形態例) 図4(A),

(B)は、本発明の第4の実施の形態例を示す。まず、半導体ウエハのInP 基板7を研磨し、電極用金属1および8を蒸着する。そして水素雰囲気中420℃で20秒間熱処理を行う。その後、ドライエッチングにより約150  $\mu\text{m}$  の間隙を光閉じ込め層6の下まで形成する。

そして真空蒸着により誘電体15aである塩化ナトリウ

ムを光閉じ込め層4まで堆積させ、間隙を埋める。

【0028】その後、図4(B)に示すように、ドライエッチングにより電極1の幅と等しい幅に塩化ナトリウムをエッチングする。さらに全体に塩化ナトリウム15aより屈折率の小さな誘電体15bであるフッ化ナトリウムを蒸着し、分割された活性層の間に導波路構造を形成する。次に、電極1が表面にでるまでエッチングを行う。そして全長約400 $\mu$ mのレーザ素子として切り出す。

【0029】この場合、20℃での発振閾値電流は100mAであり、20℃から50℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は4Åであった。また、そのときの閾値電流の変化量は45mAであった。

【0030】上記実施の形態例4では、誘電体が半導体側面に接しているがドライエッチング等により空気による間隙を形成しても良い。

【0031】(第5の実施の形態例)図5は、本発明の第5の実施の形態例を示す。本実施の形態例では、n型InP基板7上に、n型InPを約100nm成長した後、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層6(厚さ0.1 $\mu$ m)を積層する。次いで、InP基板と格子整合するInGaAs(厚さ8nm)と禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応するInGaAsP(厚さ10nm)を5ベア積層して多重量子井戸からなる発光層5とする。発光層5上に、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層4(厚さ0.1 $\mu$ m)とp型InP(厚さ0.3 $\mu$ m)を積層する。その上に40 $\mu$ m $\times$ 200 $\mu$ mの酸化シリコンのパターンを形成し、この膜のマスキングとして光閉じ込め層6の下までエッチングし、島状の発光領域を形成する。

【0032】次に、上記マスクをそのまま使いInGaAsP層12の埋込み成長を行う。マスク除去後電子ビーム露光法により島状発光領域の外部に島状発光領域の長軸方向に回析格子用のレジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクにエッチングを行い半導体の回析格子を形成する。そして全面にInP層11を成長させ、表面を平坦化する。

【0033】次に、回析格子と島状発光層の上部を通る幅1.5 $\mu$ mの酸化シリコン膜のストライプパターンを形成する。そしてこの酸化シリコンをマスクとして光閉じ込め層6の下までエッチングし周りをp型InP、及びn型InPで連続的に埋め込む。次に、酸化シリコン膜を除去し全面にp型InP層3とp型コンタクト層2を成長する。

【0034】次に、発光層5を含む部分の上面にフォトリソにより100 $\mu$ mの窓を開ける。そしてこのレジストをマスクとして、ドライエッチングを行い発光領域を分割する。その後レジストを除去し、負の屈折率変化を有する誘電体15aであるフッ化カルシウムを光閉

じ込め層4の高さまで蒸着する。次に、上述した実施の形態例4と同様に、このフッ化カルシウム15a上に、埋め込まれた活性層と同程度の幅のレジストのストライプパターンを、ストライプ状活性層と同一直線上に形成する。このレジストをマスクとしてドライエッチングでフッ化カルシウムをエッチングする。レジスト除去後全体に塩化カルシウム15aより屈折率の小さな誘電体15bであるフッ化ナトリウムを蒸着し、導波路構造を形成する。

【0035】その後、表面を平坦化し半導体を露出させた後、基板7を研磨し、電極用金属1および8を表面、裏面に蒸着し熱処理を行う。この場合、20℃での発振閾値電流は15mAであり、20℃から85℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は5Åであった。また、そのときの閾値電流の変化量は35mAであった。

【0036】(第6の実施の形態例)図6は、面型発光レーザであり、本発明の第6の実施の形態例を示すものである。本実施の形態例では、n型InP基板7上に、n型InPを約100nm成長した後、禁制帯幅が波長にして1.4 $\mu$ mに対応するn型InGaAsP層19(厚さ0.11 $\mu$ m)とn型InP18(厚さ1.2 $\mu$ m)、および禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層4(厚さ0.1 $\mu$ m)を積層する。次いで、InP基板と格子整合するInGaAs(厚さ8nm)と禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応するInGaAsP(厚さ10nm)を12.5ベア積層して多重量子井戸からなる発光層5とする。発光層5上に、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層6(厚さ0.1 $\mu$ m)とp型InP(厚さ0.5 $\mu$ m)を積層する。

【0037】次に、直径15 $\mu$ mの円形の酸化シリコン膜を表面に形成し、これをマスクとして約1.5 $\mu$ mエッチングする。その後p型InP層17、n型InP層16を連続的に成長し埋込構造とする。そして、酸化シリコン膜を除去し全面にp型InP3と禁制帯幅が波長にして1.4 $\mu$ mに対応するp型InGaAsP層(厚さ0.35 $\mu$ m)2を積層する。

【0038】次に、半導体表面上に、発光領域を覆わないように電極用金属1を蒸着する。次に基板7を研磨し約100 $\mu$ mの厚さにし、電極用金属8を蒸着する。420℃で20秒間熱処理した後、200 $\mu$ m $\times$ 300 $\mu$ mの光取り出し用窓パターンを電極金属8上に形成し、電極金属8と基板7をエッチングしInGaAsP層19を表面に出す。その後、電極1側の半導体表面上に負の屈折率変化を有する誘電体15であるフッ化カルシウム約1 $\mu$ m蒸着した後、酸化シリコン膜9(0.26 $\mu$ m)と、酸化チタン膜10(0.18 $\mu$ m)を12ベア蒸着する。そして、発光領域を覆うように直径30 $\mu$ m

のレジストパターンを表面に形成し、ドライエッチングで電極1が表面に現れるまでエッチングする。

【0039】また、裏面側にも酸化シリコン膜9(0.26 $\mu$ m)と酸化チタン膜10(0.18 $\mu$ m)を12ベア蒸着する。基板7をエッチングした部分にだけレジストパターンを残しドライエッチングにより電極8を露出させることで図6の構造が完成する。

【0040】この場合、20℃でのパルス動作での発振閾値電流は35mAであり、20℃から50℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は6Åであった。また、そのときの閾値電流の変化量は55mAであった。

【0041】(第7の実施の形態例)図7は、面型発光レーザであり、本発明の第7の実施の形態例を示す。本実施の形態例では、n型InP基板7上に、n型InPを約100nm成長した後、禁制帯幅が波長にして1.4 $\mu$ mに対応するn型InGaAsP層19(厚さ0.11 $\mu$ m)とn型InP層18(厚さ1.2 $\mu$ m)、および禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層6(厚さ0.1 $\mu$ m)を積層する。次いで、InP基板と格子整合するInGaAs(厚さ8nm)と禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応するInGaAsP(厚さ10nm)を12.5ベア積層して多重量子井戸からなる発光層5とする。発光層上に、禁制帯幅が波長にして1.3 $\mu$ mに対応する不純物を添加しないInGaAsP層4(厚さ0.1 $\mu$ m)とp型InP層(厚さ0.5 $\mu$ m)を積層する。

【0042】次に、直径15 $\mu$ mの円形の酸化シリコン膜を表面に形成し、これをマスクとして約1.5 $\mu$ mエッチングする。その後p型InP層17、n型InP層16を連続的に成長し埋込構造とする。そして、酸化シリコン膜を除去し全面にp型InP層3と禁制帯幅が波長にして1.4 $\mu$ mに対応するp型InGaAsP層2(厚さ0.35 $\mu$ m)を積層する。次に、半導体表面上に、発光領域を覆わないように電極用金属1を蒸着する。

【0043】次に、基板7を研磨し約100 $\mu$ mの厚さにし電極用金属8を蒸着する。420℃で20秒間熱処理をした後、200 $\mu$ m $\times$ 300 $\mu$ mの光取り出し用窓パターンを電極金属8上に形成し、電極金属8と基板7をエッチングする。その後電極1側の半導体表面上に負の屈折率変化を有する誘電体13であるフッ化リチウム

0.28 $\mu$ mと誘電体13よりも屈折率が高い誘電体14であるヨウ化セシウム0.22 $\mu$ mとを20ベア蒸着する。

【0044】そして発光領域を覆うように直径30 $\mu$ mのレジストパターンを表面に形成し、ドライエッチングで電極1が表面に現れるまでエッチングする。裏面側にも同様にフッ化リチウム0.28 $\mu$ mとヨウ化セシウム0.22 $\mu$ mを20ベア蒸着する。基板7をエッチングした部分にだけレジストパターンを残しドライエッチングにより電極8を露出させることで図7の構造が完成する。

【0045】この場合、20℃でのパルス動作での発振閾値電流は28mAであり、20℃から60℃まで動作温度を変化させたときの発振波長の変化は2Åであった。また、そのときの閾値電流の変化量は35mAであった。

【0046】上記実施の形態例6、7は、表面、裏面ともに誘電体多層膜を使用しているが、半導体多層膜でも構わない。また、埋込構造でなくとも構わない。

【0047】上記実施の形態例2は、発光層の組成を連続的に変化させているが、離散的に変化させても良い、また多重量子井戸構造や、歪み量子井戸構造、あるいはバルク構造でも良い。上記実施の形態例1、3、4、5、6、7は、多重量子井戸構造を持つ発光層であったが、発光層の構成はバルクでも良いし、実施の形態例2のように組成を連続的あるいは離散的に変化させても良い。

【0048】上記実施の形態例1、2、3、4、5は埋込構造にしても良く、また、誘電体にも導波構造を付けても良い。

【0049】上記実施の形態例では、フッ化リチウム、フッ化カルシウム、塩化ナトリウムを使用した。本発明はこれに限定されず、上記の他に例えば塩化カリウム、臭化セシウム、臭化カリウム、フッ化ナトリウム、ヨウ化カリウム、ヨウ化セシウム、KRS-5(thallium-bromide-iodide)、ADP(リン酸二水素アンモニウム)、KDP(リン酸二水素カリウム)等でも同様の効果が期待できる。これらの媒質の温度に対する屈折率の変化量を下記「表1」にまとめる。

【0050】

【表1】

媒質	屈折率の変化率 ( $K^{-1}$ )
フッ化リチウム	$-1.6 \times 10^{-5}$
フッ化カルシウム	$-1.0 \times 10^{-5}$
塩化ナトリウム	$-3.3 \times 10^{-5}$
塩化カリウム	$-3.2 \times 10^{-5}$
臭化セシウム	$-7.9 \times 10^{-5}$
臭化カリウム	$-4.0 \times 10^{-5}$
フッ化ナトリウム	$-1.6 \times 10^{-5}$
ヨウ化カリウム	$-5.0 \times 10^{-5}$
ヨウ化セシウム	$-9 \times 10^{-5}$
KRS-5(thallium-bromide-iodide)	$-23.5 \times 10^{-5}$

【0051】温度に対する屈折率の変化量が大きいほど、位相の調整を効果的に行うことができる。また酸化シリコン膜にプラセオジム、ネオジム、エルビウム等の希土類元素を注入することでも同様の効果が期待できる。

【0052】レーザ共振器中に占める発光領域の長さの比率が小さいほど、大きな温度変化に対しても安定的に一定波長で発振が起こる。また実施の形態例1、2、3、8では使用する2種類の誘電体膜の屈折率差が小さいほど位相の調整効果が強く働く。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザは温度に対し負の屈折率変化を示す媒質あるいは温度に対し負の線熱膨張係数を示す媒質が使われているため、これらの媒質以外の部分で生じた光の位相変化を打ち消し、発振波長が一定に保たれることになる。

【0054】また、発光領域の組成を連続的、あるいは離散的に変化させることで、広い発振範囲にわたり一定の利得の値を得ることができるので、温度変化により活性層の吸収端が変化しても利得の値は一定のままにしておくことができ、大きな温度変化が生じてても一定波長で発振し続けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザの第1の実施の形態例の断面図を示すものである。

【図2】本発明による半導体レーザの第2の実施の形態例の断面図を示すものである。

【図3】本発明による半導体レーザの第3の実施の形態例の断面図を示すものである。

【図4】本発明による半導体レーザの第4の実施の形態

例の断面図を示すものであり、(A)は長軸方向の断面を、(B)は短軸方向の断面を示す。

【図5】本発明による半導体レーザの第5の実施の形態例の断面図を示すものである。

20 【図6】本発明による半導体レーザの第6の実施の形態例の断面図を示すものである。

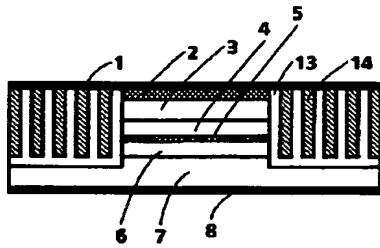
【図7】本発明による半導体レーザの第7の実施の形態例の断面図を示すものである。

【図8】従来の半導体レーザの断面図を示すものである。

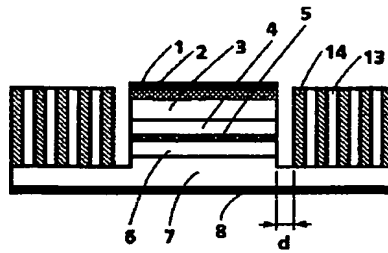
【符号の説明】

- 1 p側電極
- 2 コンタクト層
- 3 p側InPクラッド層
- 30 4 光閉じ込め層
- 5 発光層
- 6 光閉じ込め層
- 7 InP基板
- 8 n側電極
- 9 酸化シリコン膜
- 10 酸化チタン膜
- 11 InP層
- 12 InGaAsP層
- 13 低屈折率誘電体
- 40 14 高屈折率誘電体
- 15, 15a, 15b 誘電体
- 16 n型InP
- 17 p型InP
- 18 n型InPクラッド層
- 19 InGaAsP層

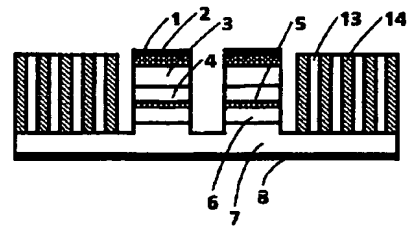
【図1】



【図2】

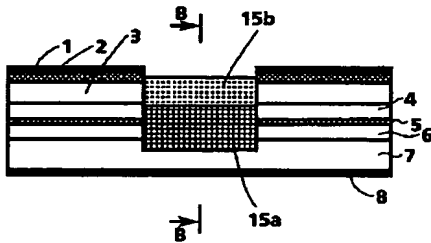


【図3】

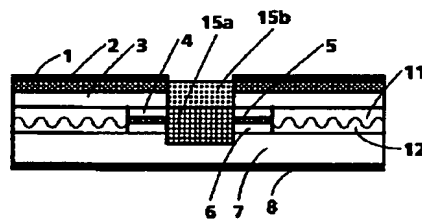


【図4】

(A)

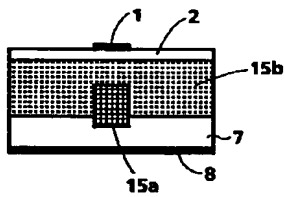


【図5】

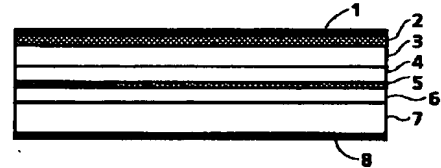


【図8】

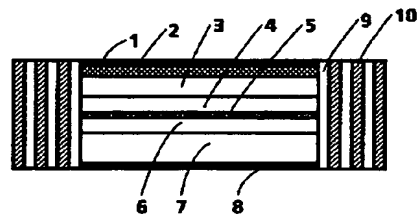
(B)



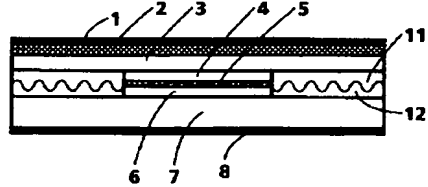
(a)



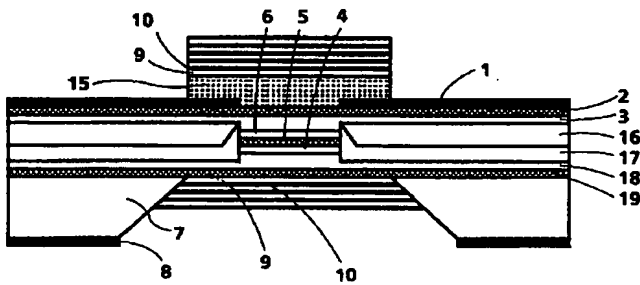
(b)



(c)



【図6】





【図7】

